



UnB

Instituto de Ciências Humanas – IH

Departamento de Geografia – GEA

Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2
do sensor MODIS para identificação de padrões de
vegetação e uso da terra na mesorregião do Norte
Maranhense

José Feliciano Alves Câmara

Orientador: Profº Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Brasília, outubro de 2012.

JOSÉ FELICIANO ALVES CÂMARA

Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2 do
sensor MODIS para identificação de padrões de vegetação e
uso da terra na mesorregião do Norte Maranhense

Monografia apresentada ao Departamento
de Geografia da UnB, para obtenção do
título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

BRASÍLIA

2012

INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2 do sensor MODIS para
identificação de padrões de vegetação e uso da terra na mesorregião do Norte
Maranhense

Monografia de final de curso submetida ao Departamento de Geografia da
Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do
grau de bacharel em Geografia.

Aprovado por:

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior (UnB)
(orientador)

Prof Dr. Renato Fontes Guimarães (UnB)
(examinador)

Dr^a Potira Meirelles Hermuche
(examinador)

Brasília- DF, 8 de outubro de 2012

CÂMARA, JOSÉ FELICIANO ALVES

Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2 do sensor MODIS para identificação de padrões de vegetação e uso da terra na mesorregião do Norte Maranhense, 22 p. (UnB-IH-GEA, Bacharelado, 2012)

Monografia de final de curso, Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia.

1. Sensoriamento Remoto

2. Processamento Digital de Imagens

3. Mesorregião Norte Maranhense

4. Séries Temporais de Imagens

I. IH/GEA/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

CÂMARA, José Feliciano Alves. Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2 do sensor MODIS para identificação de padrões de vegetação e uso da terra na mesorregião do Norte Maranhense. Monografia de final de curso, Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, DF, 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

JOSÉ FELICIANO ALVES CÂMARA

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Emprego de Séries temporais de índice de vegetação EVI2 do sensor MODIS para identificação de padrões de vegetação e uso da terra na mesorregião do Norte Maranhense.

GRAU – ANO: 3º–2012

Sumário

Resumo.....	1
1. Introdução.....	2
2. Área de Estudo	4
3. Metodologia	Erro! Indicador não definido.
3.1. Aquisição das imagens do Sensor MODIS e Informações	7
3.2. Confeção do cubo temporal	7
3.3. Tratamento do ruído	9
3.4. Classificação utilizando os espectros temporais EVI2.....	9
4. Resultados.....	10
4.1. Resultado do Tratamento do Ruído.....	10
4.2. Resultados das Curvas Temporais.....	12
4.3. Análise da dinâmica da paisagem	13
5. Conclusão.....	15
6. Referências Bibliográficas:	16

RESUMO

A mesorregião norte do estado do Maranhão é composta de 26 municípios, conforme os critérios do IBGE, com características ambientais e econômicas similares. O sensoriamento remoto com alta resolução temporal permite o acompanhamento da dinâmica da paisagem com rapidez e baixos custos. O presente trabalho possui como objetivo fazer uma classificação do uso e cobertura da Terra a partir de uma série temporal de imagens MODIS da mesorregião norte do estado do Maranhão. Como objetivo secundário buscou-se avaliar a eficácia dos métodos de filtragem dos espectros temporais e da classificação do uso e cobertura da Terra. As imagens do sensor MODIS utilizadas são referentes ao produto MOD09Q1 composto por duas bandas e com resolução espacial de 250 metros. As imagens originalmente com projeção cartográfica sinusoidal foram convertidas para o sistema de projeção UTM, estas foram empilhadas por banda em ordem crescente de tempo (499 imagens). Para a redução dos ruídos foram aplicados os filtros de mediana e a transformação MNF. Na classificação utilizou o método não supervisionado ISODATA considerando um intervalo entre 5 e 10 classes. O tratamento de ruído pela combinação da filtragem por mediana e a transformação MNF permitiu reduzir consideravelmente a interferência das nuvens e suas respectivas sombras. A filtragem com mediana foi eficaz na redução dos ruídos causados por interferências atmosféricas e/ou falhas do sensor, enquanto a transformação MNF eliminou o ruído branco. A classificação pelo método ISODATA foi capaz de identificar as feições naturais e antrópicas. A metodologia de tratamento e classificação de séries temporais do sensor MODIS mostrou-se adequada mesmo com a alta porcentagem de cobertura de nuvens. Os espectros temporais propiciaram uma representação do comportamento sazonal da vegetação e as mudanças provenientes do uso antrópico, permitindo o monitoramento da paisagem. Com a significativa redução dos padrões de ruído o classificador ISODATA mostrou-se capaz de delimitar as unidades da paisagem tanto naturais e antrópicas. O procedimento adotado é adequado para a realização de uma análise regional.

1. INTRODUÇÃO

Primariamente pode-se afirmar que o Homem se utiliza dos sentidos (bem como outras formas de vida) capazes de captar percepções de objetos sem entrar em contato direto com o mesmo, proporcionando informações essenciais para a compreensão do meio em que vive e satisfação de seus interesses. Com o desenvolvimento tecnológico e a invenção de instrumental capaz de coletar informações como uma extensão e/ou ampliação dos órgãos sensoriais surge à necessidade de novas técnicas para tirar proveito do volume colossal de informações proporcionadas pela contínua produção de dados provenientes de sensoriamento remoto em termos de resolução espacial, espectro radiométrico, resolução temporal e cobertura orbital e geoestacionária. O maior acesso, também, aos produtos (via redução dos custos, acordos governamentais ou gratuidade) permite um acompanhamento facilitado de diversos fenômenos de interesse do Homem.

As formas contidas do espaço constitui conhecimento a ser extraído a partir de metodologias e sensores que representam os elementos da paisagem em diferentes escalas, em especial pelas categorias de vegetação natural que recobre a terra, suas localizações (mesmo quando não manejado pelo Homem) e eventuais alterações na sua conformação (Rosa, 2003).

Enquanto ferramenta de gestão do território o mapeamento do uso e cobertura da terra constitui material indispensável para adequado planejamento de uso e cobertura com fins de mitigar eventuais impactos derivados da alteração da dinâmica da paisagem em diferentes escalas, pois permite acompanhar e diagnosticar situações onde ocorrem diversos tipos de alterações antrópicas e naturais ao longo da história do desenvolvimento da paisagem e as consequências do manejo dos recursos naturais presentes (LUCHIARI, 2008).

A relação entre o custo do monitoramento e a velocidade de execução dos levantamentos de uso e ocupação da terra deve ser considerada no desenvolvimento dos mapeamentos, pois trabalhos desenvolvidos exclusivamente em campo representam um alto custo operacional e um tempo consideravelmente maior quando não auxiliados por imagens orbitais e técnicas de geoprocessamento

das mesmas. A evolução da resolução espacial e temporal bem como as formas de tratamento de produtos de imageamento e dos recursos computacionais em termos de maquinário e *softwares* tornou possível, com maior velocidade de obtenção de resultados e acurácia dos classificadores automatizados ou supervisionados e filtros de tratamento de ruído (ALMEIDA&VIEIRA, 2008).

A separação e, conseqüentemente, identificação elementos geográficos da paisagem é facilitado tremendamente com o uso de imagens orbitais multiespectrais com alta resolução temporal, já que é possível identificar o comportamento espectral e a respectiva assinatura espectral permitindo definir espacialmente com maior precisão os atributos espaciais distribuídos no espaço bem como as alterações de seus usos. (FLORENZANO, 2007).

A análise de séries temporais provenientes de sensores instalados em plataformas orbitais permite avaliar a variação dos comportamentos ao longo no tempo permite delinear modificações nas formas de uso da terra bem como o avanço de atividades antrópicas, constituindo uma ferramenta importante no monitoramento de atividades (CARVALHO JUNIOR, 2008). Apesar da baixa resolução espacial proporcionada nos produtos do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)— que oferece resoluções a partir de 250m dependendo da banda espectral, adequado para estudos regionais — (TELLES, 1995) sua alta resolução temporal permite acompanhamentos sistemáticos de áreas de interesse social e econômico.

O presente trabalho possui como objetivo compreender a dinâmica sazonal das unidades fitofisionômicas e das atividades antrópicas Maranhense a partir da análise do espectro temporal utilizando séries temporais do sensor MODIS da mesorregião do Norte do Maranhão. Portanto a análise neste contexto permite subsidiar uma série de ações que tem impactos econômicos e sociais relevantes.

Este trabalho se propõe a aplicação de uma metodologia inovadora que se baseia no comportamento não só de uma única imagem dentro da resolução temporal proporcionada pelo sensor de imageamento remoto (no caso satélite) para delimitação de áreas de textura e reflectância semelhantes na superfície da terra, mas sim da análise do comportamento de uma sequencia de imagens encadeadas

dentro da linha de cobertura temporal de forma a determinar uma *Assinatura Temporal* baseada, neste trabalho, a partir do índice EVI2(*Enhanced Vegetation Index 2*) que utiliza somente as bandas correspondentes ao infravermelho próximo e vermelho) obtido a partir dos produtos MOD09Q1 do sensor MODIS tratados pela metodologia aqui apresentada.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Maranhão possui área superficial da ordem de 331.983,29 km², sendo o oitavo maior Estado brasileiro e o segundo do Nordeste em extensão territorial (IBGE, 2002). Está localizado entre os paralelos 1°01' e 10°21' sul e os meridianos 41°48' e 48°50' oeste. Ao norte limita-se com o Oceano Atlântico (639,5 km), ao sul e sudoeste com o Tocantins (1.060 km), a oeste com o Pará (798 km) e a leste e sudeste limita-se com o Piauí (1.365 km). O Estado possui cinco Mesorregiões Geográficas, subdivididas em 21 Microrregiões Geográficas, onde estão inseridos seus 217 municípios.

O recorte territorial deste estudo é definido na mesorregião do Norte Maranhense que é constituída por sessenta municípios segmentados em seis microrregiões: Aglomeração Urbana de São Luís; Baixada Maranhense; Itapecuru Mirim; Lençóis Maranhenses; Litoral Ocidental Maranhense; e Rosário.

Segundo o IBGE, no contexto de divisão nacional:

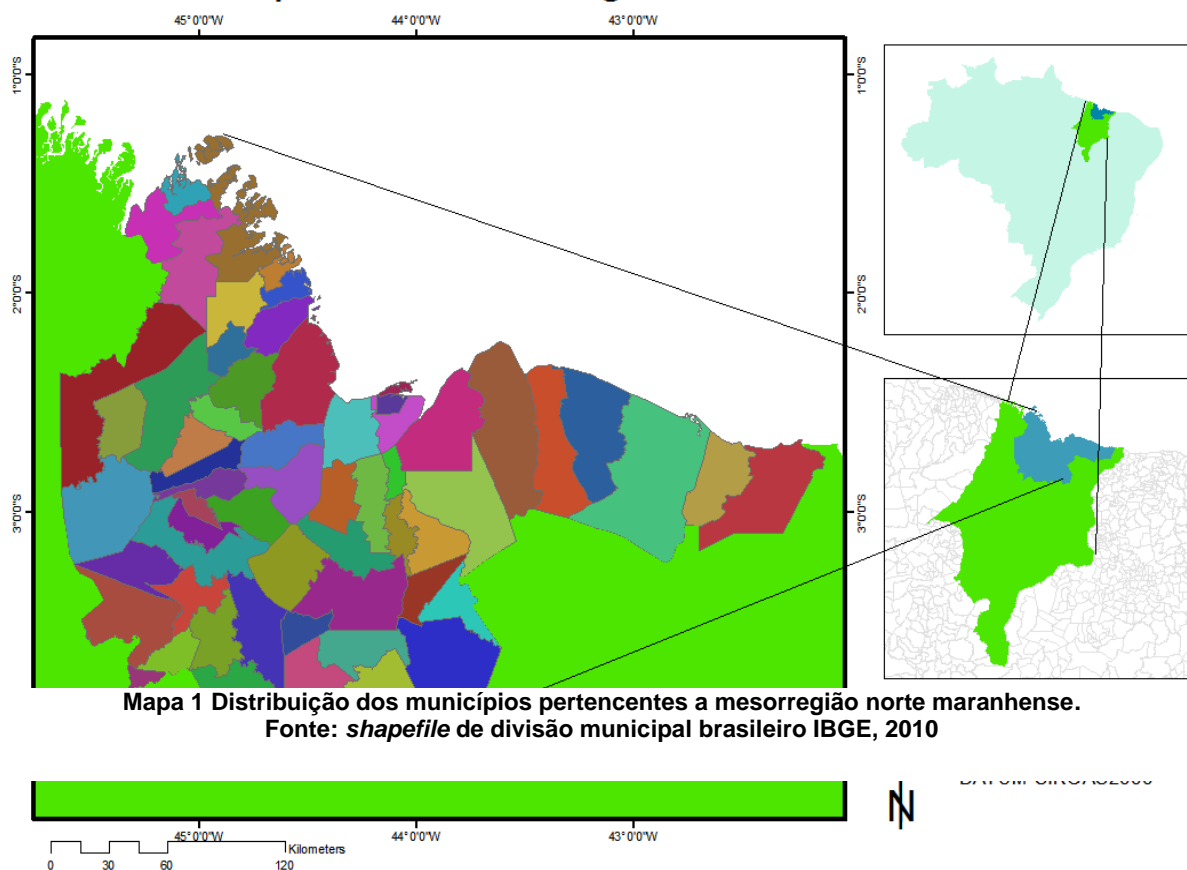
A Divisão Regional do Brasil em mesorregiões, partindo de determinações mais amplas a nível conjuntural, buscou identificar áreas individualizadas em cada uma das Unidades Federadas, tomadas como universo de análise e definiu as mesorregiões com base nas seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial. (do sítio do IBGE, acessado em 07 de julho de 2011).

O mesmo é levado em consideração para justificar o agrupamento em nível estadual.

Em termos de infraestrutura ocorre a concentração das redes de transporte ferroviário e rodoviário, possivelmente devido à presença da capital estadual e os portos de Itaqui, São Luís, Ponta da Madeira e Alumar.

Os municípios que constituem a mesorregião norte maranhense são: Alcântara, Anajatuba, Apicum-Açu, Arari, Axixá, Bacabeira, Bacuri, Bacurituba, Barreirinhas, Bela Vista do Maranhão, Bequimão, Cachoeira Grande, Cajapió, Cajari, Cantanhede, Cedral, Central do Maranhão, Conceição do Lago-Açu, Cururupu, Guimarães, Humberto de Campos, Icatu, Igarapé do Meio, Itapecuru Mirim, Matinha, Matões do Norte, Miranda do Norte, Mirinzal, Monção, Morros, Nina Rodrigues, Olinda Nova do Maranhão, Paço do Lumiar, Palmeirândia, Paulino Neves, Pedro do Rosário, Penalva, Peri Mirim, Pinheiro, Pirapemas, Porto Rico do Maranhão, Presidente Juscelino, Presidente Sarney, Presidente Vargas, Primeira Cruz, Raposa, Rosário, Santa Helena, Santa Rita, Santo Amaro do Maranhão, São Bento, São João Batista, São José de Ribamar, São Luís, São Vicente Ferrer, Serrano do Maranhão, Tutóia, Vargem Grande, Viana e Vitória do Mearim.

Municípios da Mesorregião Norte Maranhense



3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido por SANTANA et al (2010) serve como base para os passos metodológicos, diferenciando-se na área de estudo e objetivos. A metodologia adotada consiste nas seguintes etapas: (a) aquisição das imagens MODIS; (b) confecção de um cubo 3D para definição da curva de comportamento espectral bruta, (c) tratamento do ruído, (d) classificação utilizando os espectros temporais EVI2, (e) análise da dinâmica territorial e (d) análise do comportamento espectral das fitofisionomias (fenologia).

O produto do sensor MODIS utilizado foi o MOD09Q1 correspondente à reflectância, sendo que o mesmo possui resolução espacial de 250 metros e agrega o melhor *pixel* disponível de 8 dias consecutivos. O período analisado corresponde ao intervalo que tem início no primeiro produto disponível no ano 2000 até o ano de 2011, totalizando onze anos e quatrocentas e noventa e nove imagens

Para efeito de compatibilidade com as ferramentas as imagens adquiridas foram convertidas com o uso da ferramenta MRT (*MODIS Reproject Tools*, em tradução livre: Ferramentas de reprojeção MODIS) do formato de arquivo HDF (nativo para distribuição devido ao formato de banco de dados inter-relacionado que proporciona arquivos extremamente compactos em relação aos formatos de imagem mais populares como o GEOTiff ou IMAGE, por exemplo) e a projeção de Sinusoidal com Datum WGS84 (possuindo a característica área-equivalente) para Geográfica Lat/Long com Datum WGS84 (opção devido a um erro presente no MRT que não produz conversão direta para UTM para o hemisfério sul). Posteriormente as imagens tiveram seu sistema de projeção convertido novamente da projeção geográfica para a UTM fuso 23 S com o mesmo referencial geodésico. Em todas as etapas de reprojeção a metodologia de reamostragem adotada foi a *nearest neighbor* (vizinho mais próximo). Estas etapas de transformação foram consideradas necessárias para melhor representação das características geométricas do terreno, mas é possível que as reamostragens sucessivas tenham induzido maior mistura espectral. A dimensão original do *pixel* foi mantida, entretanto a mudança de projeção para um sistema de coordenadas planas propicia mistura espectral, pois compensa a curvatura da terra.

O geoprocessamento foi executado com o uso das ferramentas ArcGis 9.3, ENVI 4.7 e SISGEO — especializado em procedimentos de filtragem de ruído—, dentre outros auxiliares.

3.1. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DO SENSOR MODIS E INFORMAÇÕES

O sensor MODIS é um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA (formalmente conhecido como EOS-AM-1). Os produtos do sensor MODIS são disponibilizados gratuitamente pela NASA e possuem alta resolução temporal, que varia de 1 a 16 dias (Justice et al., 1998). Além disso, são oferecidas imagens corrigidas dos efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis etc.) e georreferenciadas (Telles et al., 1995, Wolf et al., 2002). As principais características do sensor MODIS são (Barker et al., 1992): (a) ampla cobertura espacial e espectral; (b) continuidade nas tomadas de medidas, em faixas espectrais mais estreitas, que as disponíveis em outros sistemas sensores até o momento, vindo a complementar estas informações, e (c) ser a primeira ferramenta dos satélites EOS na condução em pesquisas de mudanças globais.

O processo compreende a aquisição na fonte das imagens brutas correspondentes ao intervalo máximo de tempo disponível para anos completos – onze anos--, tratamento dos ruídos inerentes a captação (nuvens, aerossóis, variações atmosféricas, etc.).

3.2. CONFECÇÃO DO CUBO TEMPORAL

A abstração para a etapa intermediária é um *cube 3D* representado abaixo:

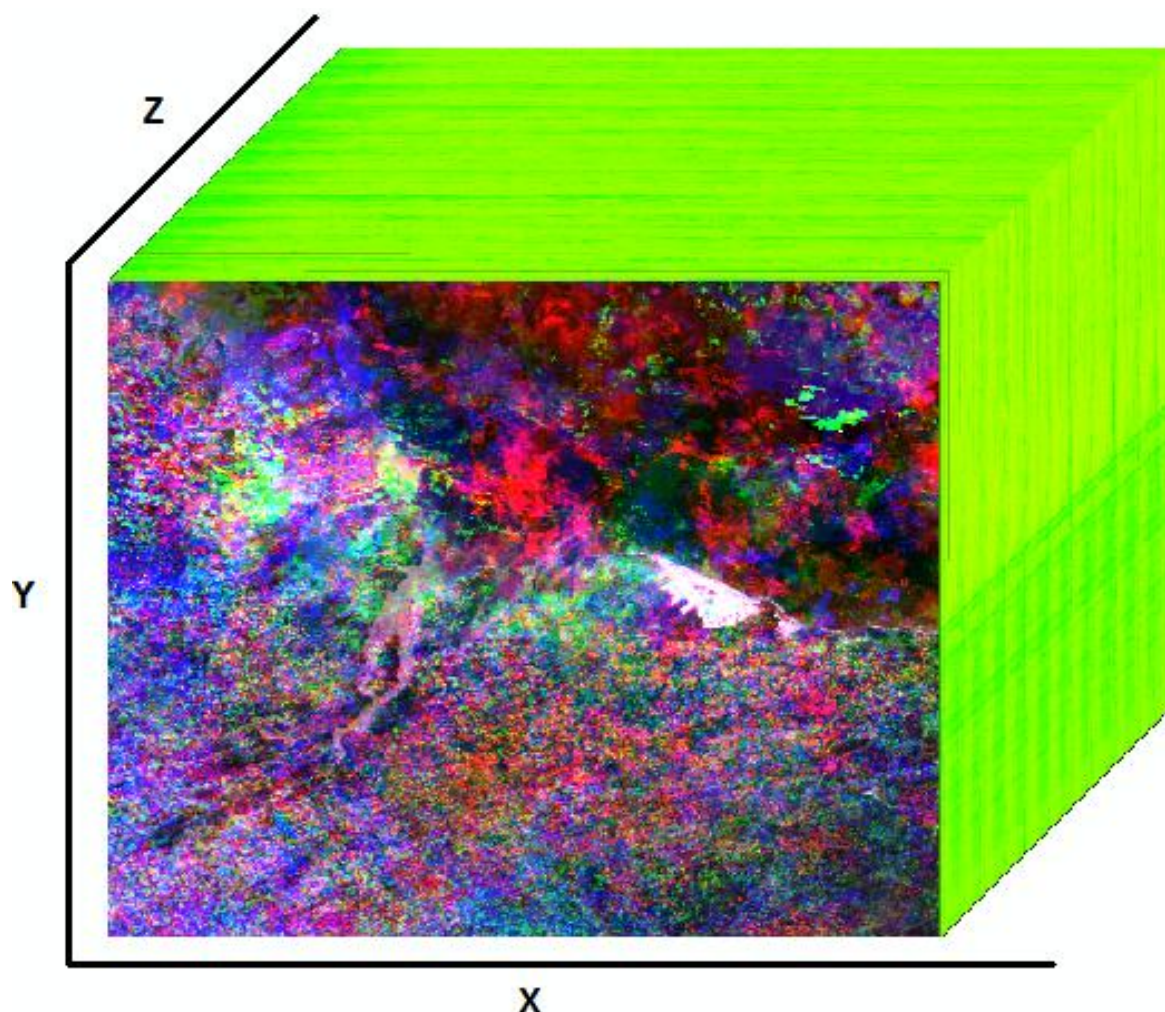


Imagem 1 - Representação do cubo temporal em falsa cor no recorte correspondente à mesorregião norte maranhense

Os eixos X e Y representam o recorte da imagem bruta do produto MOD09Q1 de 250 metros na banda um do produto, o eixo Z representa o empilhamento das 499 bandas espectrais. Nota-se na representação a grande presença de ruído, principalmente pela cobertura de nuvens causada pela ação direta da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) que adentra a planície amazônica.

O perfil espectral da área central do recorte denota alta interferência de ruídos e, nos primeiros dois anos, ocorreram três falhas de cobertura do sensor MODIS, representados por estes vales profundos, abaixo do valor zero.

Só estão representados dois devido à localização do pixel utilizado para esta representação.

3.3. TRATAMENTO DO RUÍDO

Dois métodos foram empregados em sequencia para redução do ruído espectral: o filtro de mediana e a transformação MNF (MinimumNoiseFraction)

O filtro de mediana consiste, literalmente, da seleção do pixel central após ordenamento em uma dada janela, assim este encontra um valor central e anula valores extremos. Como o intervalo de tempo entre as observações é reduzido, pois fez-se o uso do produto MOD09A1 desde o primeiro disponível no ano 2000 até o último de 2011 podemos assumir que a amostra ainda representa o ponto dado. Para uma janela de tamanho cinco toma-se um conjunto de cinco bandas do cubo a ser tratado, assim um intervalo de 40 dias é analisado na busca por uma informação menos aberrante do espectro. Como resultado obtemos um novo perfil espectral com amplitude menor, proporcionado um perfil espectral mais suavizado e adequado para a aplicação da transformação MNF. O espectro passa a ter menores picos de sinal com a formação de platôs típicos da substituição dos pixels anteriormente aberrantes por aqueles de valor central.

3.4. CLASSIFICAÇÃO UTILIZANDO OS ESPECTROS TEMPORAIS EVI2

O EVI (EnhancedVegetation Index), ou (em tradução livre) Índice Melhorado de Vegetação, é um índice *otimizadodesenhado* para realçar o sinal de reflectância da vegetação com melhorada sensibilidade em áreas com alta concentração biomassa, permitindo um monitoramento melhorado através da segregação do sinal de fundo do dossel e diminuição das influências atmosféricas. Difere do NDVI(*NormalizedVegetation Index*) pela baixa tendência de saturação das áreas mais fotossinteticamente ativas e correção das influências da estrutura do dossel. Devido a alta prevalência de ruído na banda correspondente ao azul utilizada na formulação original do EVI foi proposto por ZhangyanJianga, Alfredo R. Huete, KamelDidana eTomoakiMiura(citar o trabalho) uma forma alternativa de calculo do EVI dispensando o uso da banda três do produto MOD09A1 reamostrado da

resolução espacial de quinhentos metros para duzentos e cinquenta, resultando na seguinte fórmula aplicada sobre o espectro tratado pelo filtro de mediana:

$$EVI2 = 2,5 \frac{N-R}{N+2,4R+1}$$

Equação 1: Fórmula do EVI2, onde N corresponde ao infravermelho próximo e R ao vermelho.

O resultado da fórmula é um novo cubo de espectro derivado, onde os valores representam o índice de vegetação. Devido à associação entre a vegetação mais fotossinteticamente ativa com os cursos d'água e zonas de maior umidade ocorre a formação de manchas brancas representativas.

Falar do Isodata – clusters...

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADO DO TRATAMENTO DO RUÍDO

O tratamento do ruído no espectro foi executado em duas etapas distintas: a aplicação do filtro de mediana com a janela de tamanho sete. Dada a alta interferência da cobertura de nuvens na área, esta conseguiu reduzir significativamente a interferência e, mesmo com a aplicação deste filtro espectral, ainda é observada a presença de ruído proveniente da cobertura de nuvens.

Na figura x, nota-se que é possível reconhecer, devido à escala, as feições do relevo e algumas bacias hidrográficas na porção noroeste. Aoeste da imagem ainda é perceptível a influência da cobertura de nuvens.

A transformação MNF, fração mínima de ruído, (GREEN et al., 1988) foi desenvolvido inicialmente para o tratamento de imagens hiperespectrais.

Segundo COUTO JUNIOR (2011) a transformação MNF é um

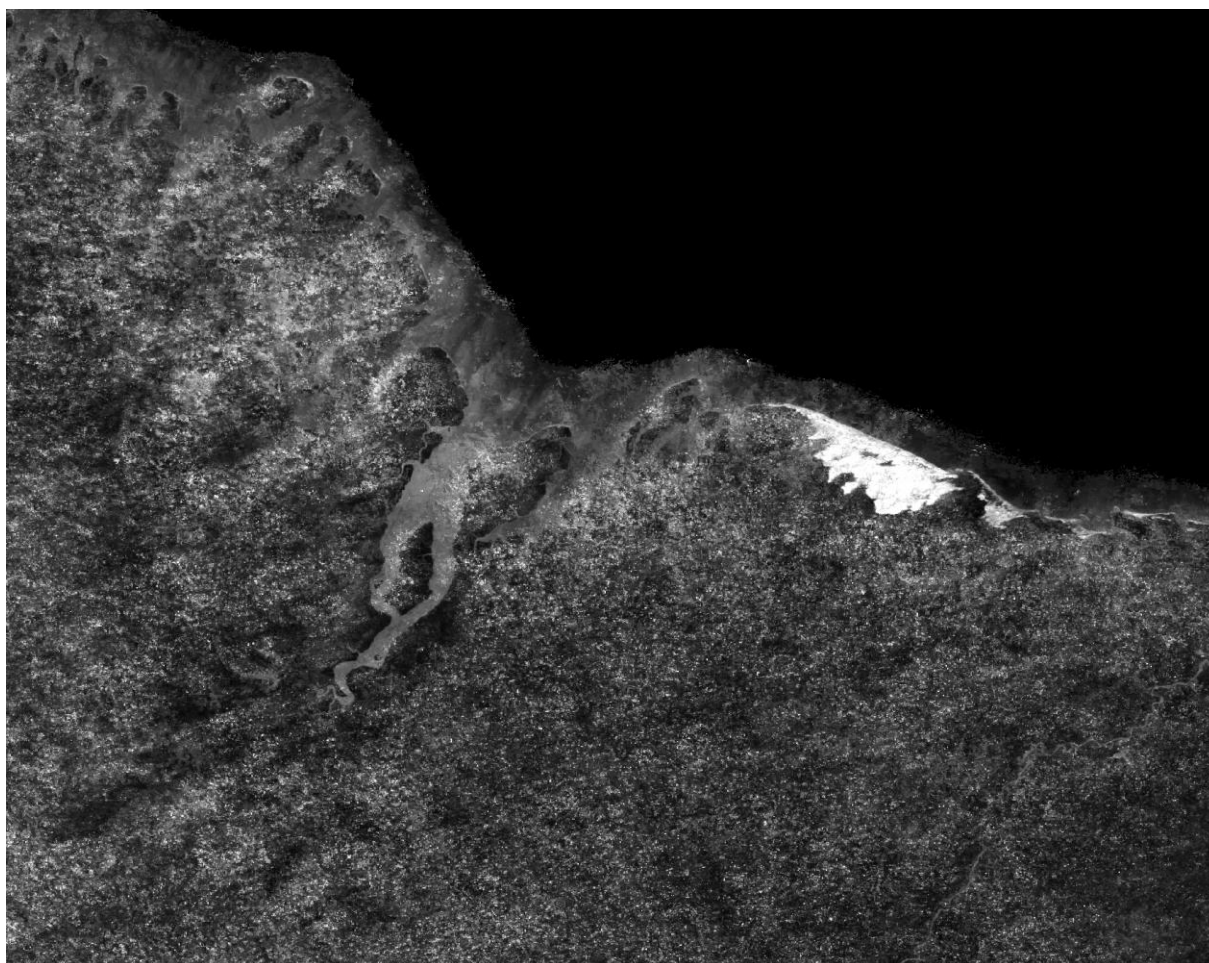


Imagem 2:Exemplo de uma das imagens do cubo tratado pelo filtro de mediana de janela 7

procedimento estatístico no âmbito da Análise de Principais Componentes (APC) que concilia tanto os procedimentos de segregação da componente ruído quanto também de redução da dimensionalidade dos dados (GREEN et al., 1988). Uma das grandes limitações da APC para a remoção do ruído é que nem sempre se observa nas componentes principais aumento da razão sinal/ruído de forma crescente em relação aos autovalores (GREEN et al., 1988; LEE et al., 1990; CARVALHO JÚNIOR

et al., 2003). Dessa forma, a vulnerabilidade da APC para a eliminação do ruído é resultante da priorização da variância no ordenamento dos dados, em vez da razão sinal/ruído, como é adotado pela transformação MNF.

O procedimento para eliminar os ruídos pelo método MNF possui as seguintes etapas: (a) efetuar a transformação MNF na imagem, (b) identificar pela qualidade da imagem e pelo gráfico de autovalores as bandas relativas ao sinal e ao ruído e (c) efetuar a transformação inversa do MNF utilizando somente as bandas relativas ao sinal. No estudo, para fins de aplicação do classificador ISODATA, foram utilizadas somente as três primeiras bandas espectrais dada a alta concentração de sinal.

4.2. RESULTADOS DAS CURVAS TEMPORAIS

A aplicação do filtro de mediana de janela 7x7 no espectro conseguiu reduzir drasticamente a amplitude dos dados, provocando a formação de platôs, como esperado. É possível identificar um comportamento rítmico n nos intervalos de 50 bandas espectrais (aproximadamente um ano).

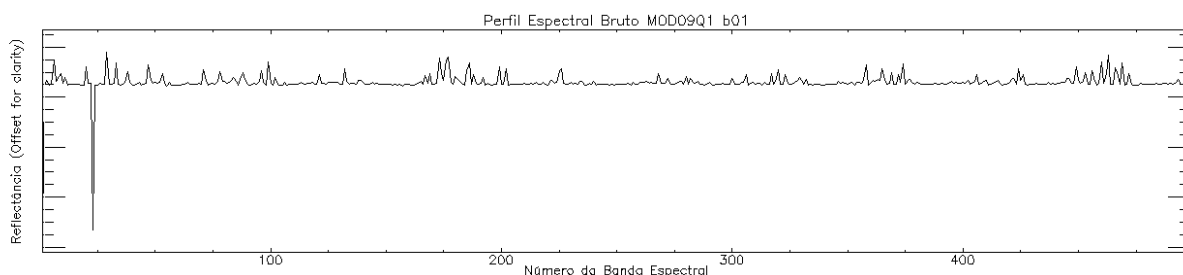


Figura 1 - Espectro bruto antes do tratamento com o filtro de mediana de janela sete

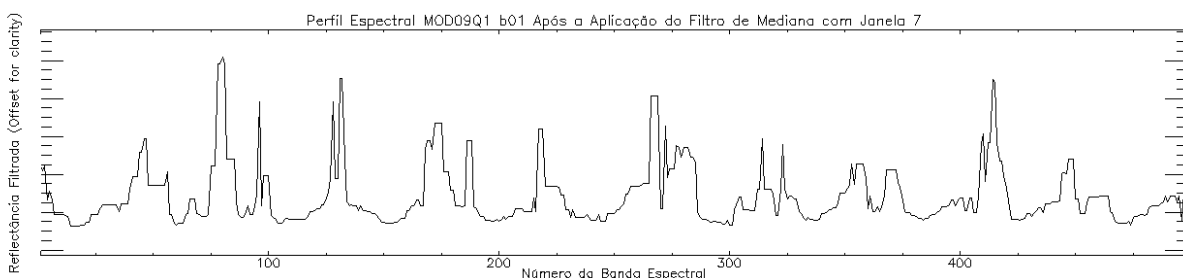


Figura 2 Espectro resultante após o filtro de mediana de janela sete

Ainda é visível a interferência de ruído anterior e a formação dos platôs típicos da repetição de dados imposta pela substituição de *pixels*. A amplitude dos dados também é reduzida pela substituição dos *pixels* por outros mais centrados na janela em uso.

4.3. ANÁLISE DA DINÂMICA DA PAISAGEM

Para identificação dos padrões de uso da terra executou-se nova transformação MNF para concentração do sinal e identificação dos padrões ao longo do tempo. A agregação das três primeiras componentes da transformação no esquema RGB na ordem 321 mostra um padrão cromático indicativo de formações vegetais correlatas em termos de comportamento espectral. Os corpos d'água apresentam uma coloração escura, mas ainda afetada pelas variações de reflectância provocadas pela carga de sedimentos e da dinâmica da biota fluvial e lagunar. O tom em lilás marcado acima representa a variação zero no índice,

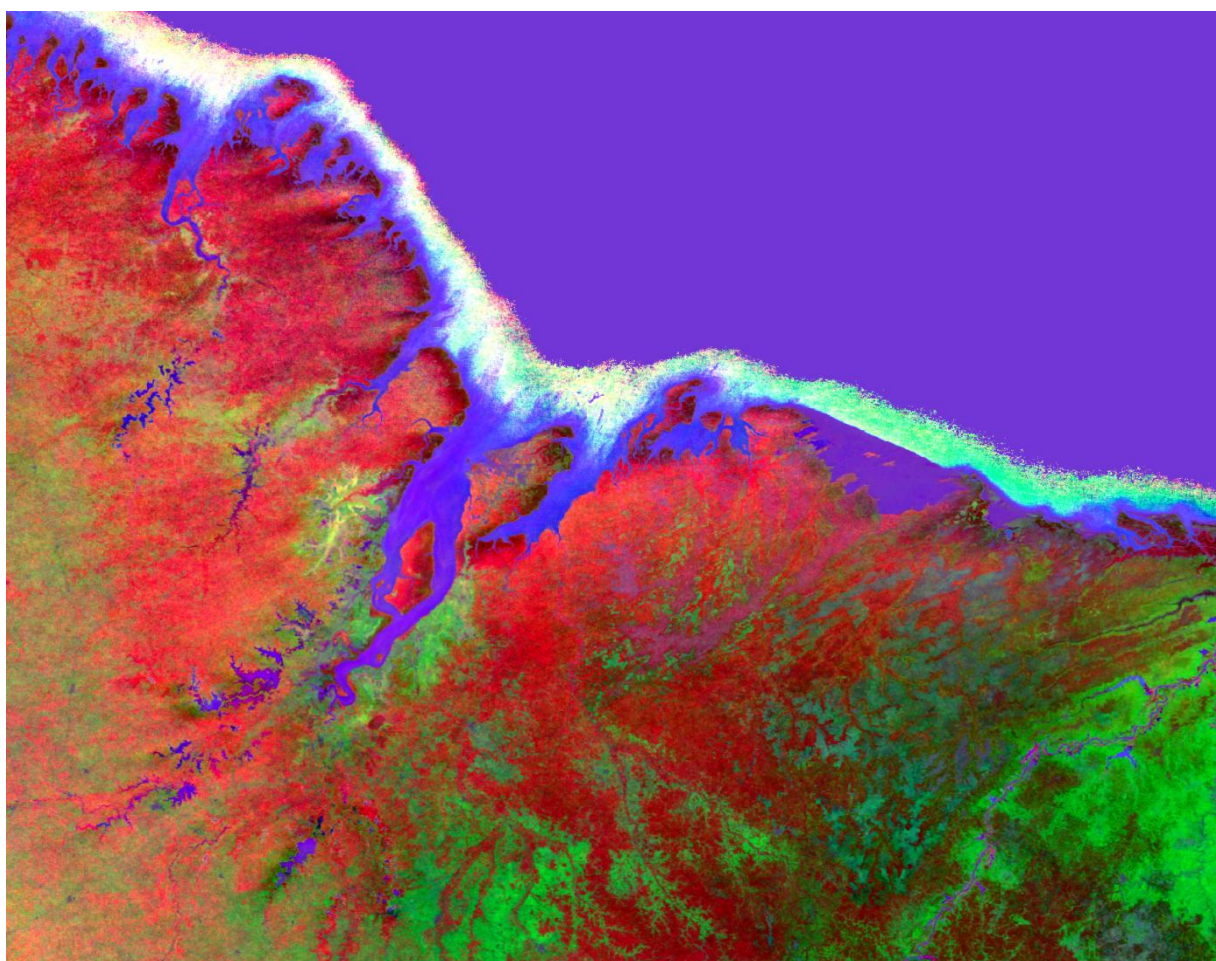


Imagem 3 Resultado do agrupamento das três primeiras bandas do MNF do EVI2

correspondente a máscara produzida para recobrir a porção marítima que não faz parte do estudo e influenciava negativamente na amplitude do histograma da imagem, dada a variação de extremos de reflectância causados pelo comportamento espectral da água e das nuvens. A verificação dos resultados da classificação é objeto de estudos futuros.

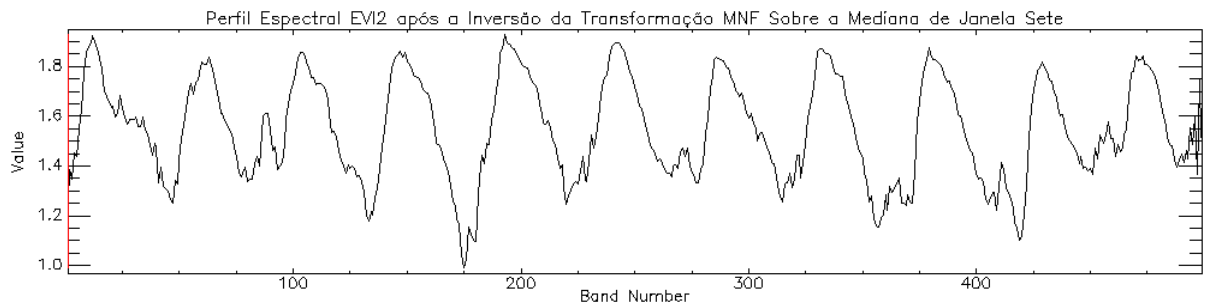


Figura 3 - Perfil espectral resultante do inverso da transformação MNF com seleção da fração sinal correspondente as dez primeiras bandas sobre o espectro EVI2 tratado com o filtro de mediana temporal de janela sete

Adicionalmente o classificador ISODATA foi aplicado para segregar as feições de comportamento mais semelhante no extrato do MNF, resultando em

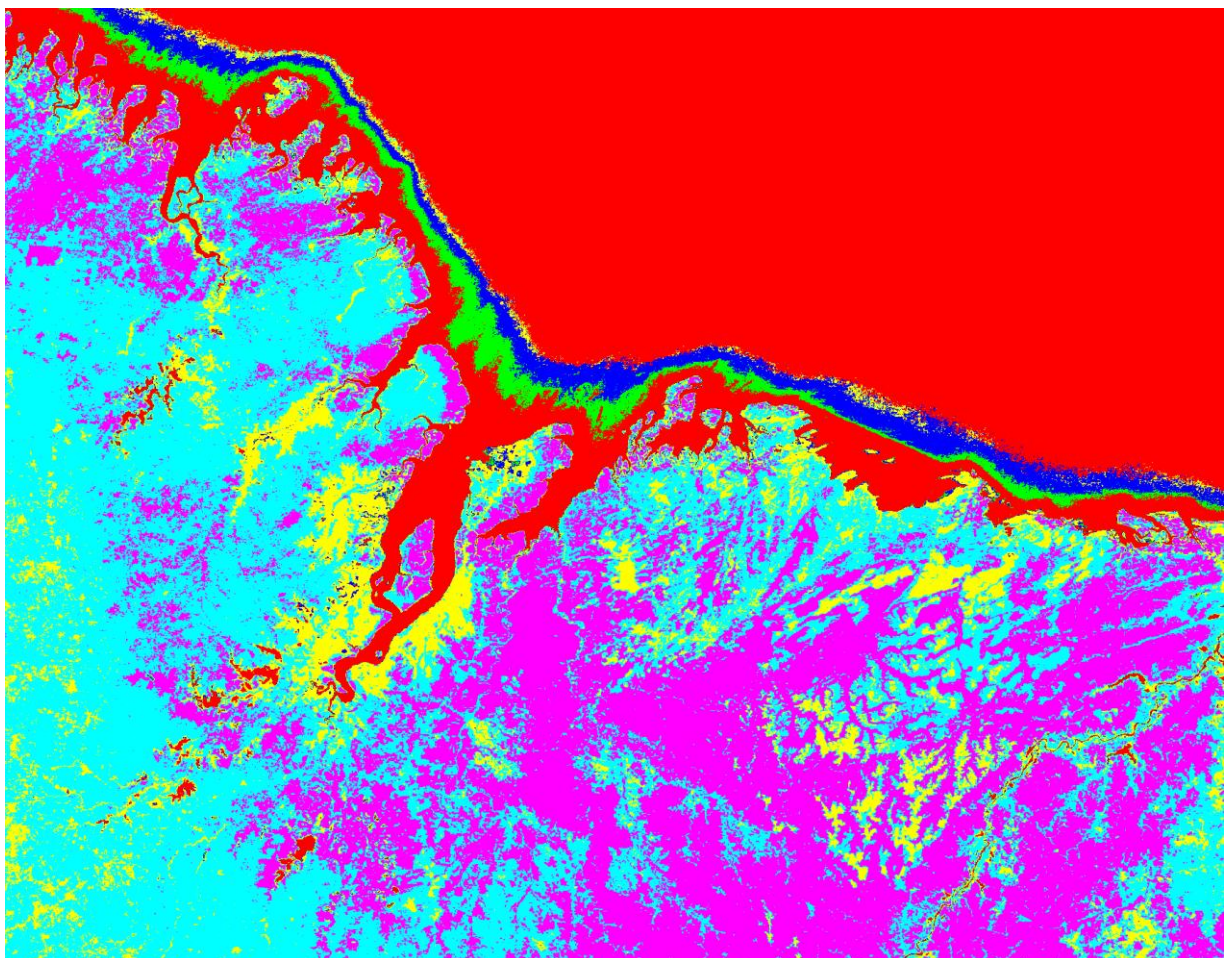


Imagem 4 Resultado do ISODATA com a divisão de classes de comportamento espectral.

grandes agrupamentos altamente misturados devido a imposição de cinco a 10 classes com no máximo vinte iterações, mas que delineiam mais claramente as feições de comportamento espectral semelhante. Há de se ressaltar que o produto base deste trabalho é adequado para levantamentos em nível regional devido a sua resolução espacial média. Ocorre grande mistura espectral que na escala é capaz de reunir somente feições uniformes de dimensão maior que seis hectares e um quarto (6,25 ha).

Na imagem é possível discernir seis tons contrastantes que separam as classes do índice EVI2. O tom vermelho representa o comportamento típico da água e do solo exposto, tendo o índice próximo de zero, a grande mancha representativa da porção marítima mascarada com resultado esperado zero; o tom ciano segrega o índice representativo de formações de maior índice de vegetação, associado a abundância de vegetação fotossinteticamente ativa ao longo do espectro; o magenta representa agrupamentos onde não há vegetação fotossinteticamente ativa ao longo de todo o período; o amarelo se confunde com a zona mais próxima do mar e das zonas onde ocorrem alagamentos esporádicos, influência dos processos erosivos.

5. CONCLUSÃO

A técnica é custosa em termos computacionais devido ao grande volume de dados a serem processados, mas traz excelentes resultados no reconhecimento de feições em nível regional. O tratamento de ruído precisa ser analisando individualmente em termos da aplicação (tamanho da janela e fração sinal/ruído) dos filtros que minimizem as interferências atmosféricas, pois nesta área de grande influência de cobertura de nuvens a obtenção de um espectro temporal mais suave demanda esforço computacional e avaliação subjetiva do operador para alcançar o resultado desejado. O trabalho necessita de aprimoramento e é alvo de continuidade futura de estudos para organização de etapas metodológicas que minimizem o tempo necessário em processamento, melhorando desempenho na obtenção de resultados e acompanhamento de variações do comportamento espectral que evidenciem alterações indesejadas da paisagem, em especial as de interferência antrópica, para melhor acompanhamento do uso da terra e gestão do território.

Os resultados da classificação após o tratamento do ruído foram satisfatórios apesar da mistura de feições, possivelmente o incremento no número de classes seja capaz de delimitar as feições mais individualmente ou redução do intervalo de variância das amostras no momento de ajuste de parâmetros do classificador ISODATA. Entretanto, ressalta-se, a identificação de grandes agrupamentos de comportamento do EVI2 semelhante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REVER ABNT

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G.. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. Museu Paraense. Emílio Goeldi. - Ciências Naturais, Belém, v. 3, n°. 1, p. 81-92, 2008.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação**. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 16. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.42>>. Acesso em: 09 jul. 2011.

CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; HERMUCHE, Potira Meirelles and GUIMARAES, Renato Fontes. **Identificação regional da Floresta Estacional Decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS**. *Rev. Bras. Geof.* [online]. 2006, vol.24, n.3, pp. 319-332. ISSN 0102-261X.

CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de et al. **Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. *Rev. Bras. Geof.* [online]. 2008, vol.26, n.4, pp. 505-517. ISSN 0102-261X.

COUTO JUNIOR, A. F. et al . **Tratamento de ruídos e caracterização de fisionomias do Cerrado utilizando séries temporais do sensor MODIS**. *Rev. Árvore vol.35 no.3 supl.1 Viçosa May/June 2011*. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000400014&lng=en&nrm=iso>. accessonÂ 27Â Aug.Â 2012.Â <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400014>.

Florenzano, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Green, A. A., Berman, M., Switzer, P., and Craig, M. D., 1988, **A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal**: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 26, no. 1, p. 65-74.

IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Regional**. sinedatum, Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm> Acesso em: 07 jul. 2011.

JUSTICE, C O.; VERMOTE, E., TOWNSHEND, J. R. G.; DEFRIES, R.; ROY, P. D; HALL, D.K, SALOMONSON, V.; PRIVETTE, J.L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, R. B; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, S. W.; NEMANI, R. R.; WAN, Z.; HUETE, A.

R.; LEEUWEN, W. V.; WOLFE, R. E.; GIGLIO, L.; MULLER, J. P; LEWIS, P.; BARNSLEY, M. **The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research.** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.1998, 36(4):1228-1247.

LATORRE, Marcelo Lopes; CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; SANTOS, João Roberto dos and SHIMABUKURO, YosioEdemir. **Integração de dados de sensoriamento remoto multi resoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão.** *Rev. Bras. Geof.* [online]. 2007, vol.25, n.1, pp. 63-74. ISSN 0102-261X.

Leão, C., Krug, L.A., Kampel, M., Fonseca, L. M. G..Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. Anais XIII do Simpósio de Sensoriamento Remoto. INPE. Florianópolis - Brasil, 2007.

Luchiari, A.. **Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do sensoriamento remoto em Geografia.** In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L.S.; LUCHIARI, A. (Orgs.). América Latina: sociedade e meio ambiente. 1.ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008. Série Por uma Geografia Latino-americana.

Rosa, R. Introdução ao sensoriamento remoto. 5a Ed. Uberlândia: Ed. UFU, 2003.

SANTANA, Otacílio Antunes et al. **Modelagem de espectros temporais NDVI-MODIS, no período de 2000 a 2008, na bacia do rio Paracatu, Brasil.** *Rev. Bras. Geof.* [online]. 2010, vol.28, n.1, pp. 47-60. ISSN 0102-261X.

TELLES J, SAMII MV & DOLL CE. **Overview of TDRSS.** *Advances in Space Research*.1995, 16: 1267-1276.

WIKIPEDIA. **Mesorregião do Norte Maranhense.** In: Mesorregiões do Maranhão. [online]: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Mesorregi%C3%A3o_do_Norte_Maranhense>. Acesso em: 07 jul. 2011.